

LASER BEAM MACHINING METHOD AND LASER BEAM MACHINE

Patent number: JP2000263271
Publication date: 2000-09-26
Inventor: ARAI KUNIO; WATANABE FUMIO
Applicant: HITACHI VIA MECHANICS LTD
Classification:
- **International:** B23K26/067; H05K3/00; B23K26/06; H05K3/00; (IPC1-7); B23K26/06; G02B26/10; H05K3/00; H05K3/46; B23K101/42
- **European:** B23K26/06; B23K26/067
Application number: JP20000003698 20000112
Priority number(s): JP20000003698 20000112; JP19990008252 19990114

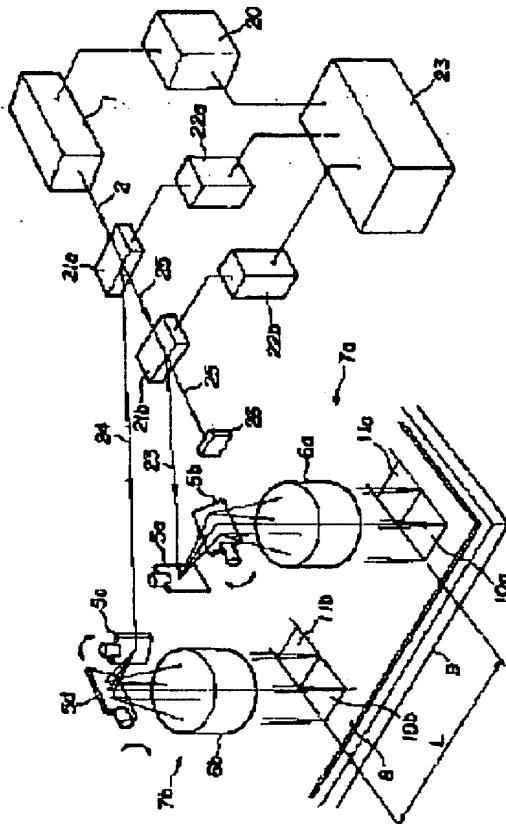
Also published as:
EP1095726 (A1)
WO0041839 (A1)
US6521866 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2000263271

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser beam machining method and a laser beam machine capable of effectively utilizing a laser beam oscillator, precisely controlling machining energy and machining a hole excellent in quality.

SOLUTION: Beam distribution/shaping devices 21a, 21b of the number same as heads 7a, 7b are arranged on an optical path of a laser beam 2 irradiated from a laser in series. By operating the beam distribution/shaping devices 21a, 21b, a laser beam pulse is supplied to either one of heads completing positioning. By selecting the timing to operate the beam distribution/shaping devices 21a, 21b, the laser beam 2 having roughly a constant energy amount is supplied to a machining part.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-263271
(P2000-263271A)

(43)公開日 平成12年9月26日(2000.9.26)

(51)Int.Cl.⁷
B 23 K 26/06
G 02 B 26/10
H 05 K 3/00
3/46

識別記号

104

F I
B 23 K 26/06
G 02 B 26/10
H 05 K 3/00
3/46

テ-マコト(参考)
E
C
104Z
N
X

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-3698(P2000-3698)
(22)出願日 平成12年1月12日(2000.1.12)
(31)優先権主張番号 特願平11-8252
(32)優先日 平成11年1月14日(1999.1.14)
(33)優先権主張国 日本 (JP)

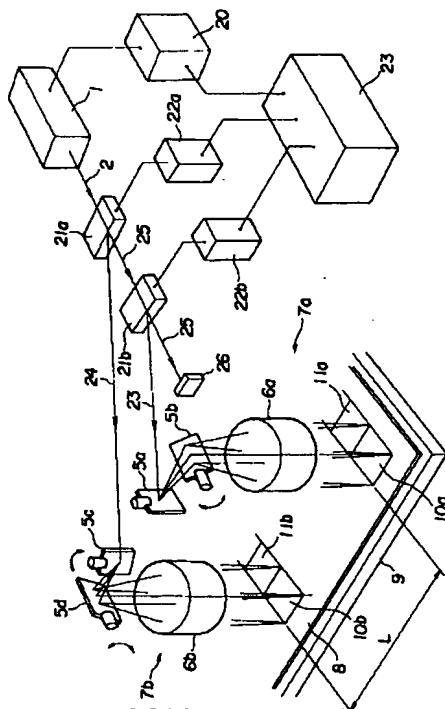
(71)出願人 000233332
日立ビアメカニクス株式会社
神奈川県海老名市上今泉2100
(72)発明者 荒井 邦夫
神奈川県海老名市上今泉2100番地 日立ビ
アメカニクス株式会社内
(72)発明者 渡辺 文雄
神奈川県海老名市上今泉2100番地 日立ビ
アメカニクス株式会社内
(74)代理人 100078134
弁理士 武 顯次郎

(54)【発明の名称】 レーザ加工方法およびレーザ加工機

(57)【要約】

【課題】 レーザ発振器を有効に活用すると共に、加工エネルギーを正確に制御することにより品質の優れる穴を加工することができるレーザ加工方法およびレーザ加工機を提供すること。

【解決手段】 レーザ発振器1から放射されるレーザビーム2の光路に、ヘッド7a、7bと同数のビーム分配整形装置21a、21bを直列に配置する。そして、ビーム分配整形装置21a、21bを動作させ、位置決めが完了したヘッドのいずれか一方にレーザパルスを供給する。ビーム分配整形装置21a、21bを動作させるタイミングを選定することにより、エネルギーの大きさがほぼ一定なレーザビーム2を加工部に供給することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光の光路を偏向可能な光路偏向手段をレーザ光の光路に配置し、前記光路偏向手段により加工部に入力するレーザエネルギーを制御することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項2】 レーザ光がパルス状であることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工方法。

【請求項3】 加工部に入力するレーザ光の波形を略矩形波に形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工方法。

【請求項4】 レーザ発振器から発振された1個のパルス状のレーザ光を時分割し、時分割したパルス状のレーザ光を加工部に照射することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のレーザ加工方法。

【請求項5】 1個のレーザ発振器から出力されるレーザ光を複数の加工ヘッドに供給するようにしたレーザ加工機において、レーザ光の光路を偏向可能な光路偏向手段を前記加工ヘッドの数と同数設け、前記光路偏向手段を前記光路に配置し、パルス状のレーザ光を前記加工ヘッドのいずれか1個に供給するように構成したことを特徴とするレーザ加工機。

【請求項6】 前記光路偏向手段が音響光学方式装置であることを特徴とする請求項5に記載のレーザ加工機。

【請求項7】 前記光路偏向手段をレーザ光の光路に直列に配置することを特徴とする請求項6に記載のレーザ加工機。

【請求項8】 前記光路偏向手段がポリゴンミラーであることを特徴とする請求項5に記載のレーザ加工機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ加工方法およびレーザ加工機に係り、特にプリント基板を加工するのに好適なレーザ加工方法およびレーザ加工機に関する。

【0002】

【従来の技術】ビルトアップ式のプリント基板に層間を接続するブラインドホール（以下、穴という。）をレーザビームにより加工する場合、コンフォーマルマスク法、あるいはダイレクト法が採用される。コンフォーマルマスク法の場合は、予めエッチングにより外層銅箔を除去して形成したエッチングウインドウから、また、ダイレクト法は、外層銅箔のない絶縁層に直接、レーザビームを照射し、レーザエネルギーによりガラス強化繊維やフィラを含有する樹脂で形成された絶縁層を除去する。レーザ加工機には、1個のレーザ発振器から発振されたレーザビームを複数の加工ヘッドに供給して、加工速度を向上させるものがある。このようなレーザ加工機を図10により説明する。

【0003】図10は、従来のレーザ加工機の構成図である。レーザ発振器1は、パルス状のレーザビーム2を

出力する。ハーフミラー3は、入射するレーザビーム2の約50%を透過させ、残りを反射する。以下、ハーフミラー3を透過したレーザビーム2を透過ビーム2a、反射したレーザビーム2を反射ビーム2bという。全反射コーナミラー4a～4cの反射面は固定されている。ガルバノミラー5a～5dは、図中矢印で示すように、回転軸の回りに回転自在であり、反射面を任意の角度に位置決めすることができる。集光レンズ（fθレンズ）6a、6bは、それぞれ第1の加工ヘッド7a、第2の加工ヘッド7bに保持されている。プリント基板8は、X-Yテーブル9に固定されている。ガルバノミラー5a、5bのスキャン領域10aおよびガルバノミラー5c、5dのスキャン領域10bは、50mm×50mm程度の大きさである。

【0004】次に、従来のレーザ加工機の動作を説明する。

【0005】レーザ発振器1から発振されたレーザビーム2は、ハーフミラー3により透過ビーム2aと反射ビーム2bに分けられる。透過ビーム2aは、全反射コーナミラー4a、4bで反射してガルバノミラー5aに入射し、ガルバノミラー5a、5bで定まる光路を通り、集光レンズ6aで集光され、スキャン領域10a内の穴を加工する。また、反射ビーム2bは、全反射コーナミラー4cで反射してガルバノミラー5cに入射し、ガルバノミラー5c、5dで定まる光路を通り、集光レンズ6bで集光され、スキャン領域10b内の穴を加工する。そして、ガルバノミラー5a～5dを動作させ、加工ヘッド7aはスキャン領域10a内の穴を、加工ヘッド7bはスキャン領域10b内の穴を、順に加工する。スキャン領域10a、10b内の穴の加工が終了したら、X-Yテーブル9を移動させ、次のスキャン領域11a、11b内の加工をそれぞれ行う。なお、加工ヘッド7aと加工ヘッド7bの間隔は調整できるように構成されており、間隔はスキャン領域10aとスキャン領域10bが重複せず、かつX-Yテーブル9の移動回数が最小になるように予め調整される。

【0006】ところで、1個の穴を加工するために、パルス状のレーザビーム2（以下、1パルスのレーザビームをレーザパルスという。）を複数個照射することが多い。1個の穴に対して複数個のレーザパルスを連続して照射し、その穴の加工を終了させてから次の穴を加工する加工方法をバースト加工といい、複数個の穴を1組とし、各穴にレーザパルスを1個ずつ照射し、この動作を、それぞれの穴の加工が完了するまで繰り返す加工方法をサイクル加工という。

【0007】図11はサイクル加工における各部のタイミングチャートで、（a）はレーザ発振器1の起動信号、（b）はレーザビーム2のエネルギーの大きさ、（c）は透過ビーム2aのエネルギーの大きさ、（d）はガルバノミラー5a、5bの位置決め信号、（e）は反

射ビーム2 bのエネルギーの大きさ、(f)はガルバノミラー5 c、5 dの位置決め信号である。

【0008】起動信号がオンされると(時刻T0)、数 μs の遅れ期間 T_{DL} 経過後にレーザビーム2の放射が開始される(時刻T1。この場合は T_{DL})。エネルギーの大きさは徐々に増加し、立ち上り期間 T_R 経過後に略ピーコ値 W_P になる(時刻T2)。時刻T0からパルス期間 T_P が経過して起動信号がオフされると(時刻T3)、エネルギーは徐々に減少し、立ち下がり期間 T_D 経過後に0になる(時刻T4)。その後時刻T5から期間 T_G の間ガルバノミラー5 a～5 dを動作させて次の加工位置に位置決めする。位置決めが完了したら(時刻T6)、再び起動信号をオンする(時刻T7)。以下、上記の動作を繰返す。この場合、透過ビーム2 a、反射ビーム2 bはレーザビーム2が分割されたものであるから、エネルギーのピーコ値はそれぞれ $W_P/2$ になる。なお、時刻T5を時刻T4と同時に、また時刻T7を時刻T6と同時にすれば、加工速度を早くできる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】レーザ発振器が発振可能なレーザパルス周期は0.33ms(周波数3KHz)であり、パルス期間 T_P は数十 μs である。一方、ガルバノミラー5 c、5 dの位置決めに要する期間 T_G は2ms程度、また、テーブルの位置決めには200ms程度をそれぞれ必要とする。したがって、バースト加工を行うと、サイクル加工を行う場合に比べて加工速度を早くできる。

【0010】しかし、コンフォーマルマスク法でバースト加工を行う場合、パルス周期を2ms以下にすると、前に放射されたレーザパルスにより生成した分解飛散物が穴内部およびその近傍に残る。そして、残った分解飛散物が後続のエネルギーを吸収して高温のプラズマになるため、穴側面の樹脂が抉られ、穴の深さ方向の中間部の直径が上下の直径よりも広がり、いわゆるバレル状の穴になり、穴の品質が低下する。

【0011】また、ダイレクト加工法でバースト加工を行う場合、絶縁物がガラス強化纖維入りのFR-4であると、樹脂とガラスの分解エネルギーの差により(樹脂:ガラス=1:3～4)、樹脂だけが抉られてガラス纖維が穴の側面から突出するため、穴の品質が低下する。

【0012】さらに、立ち上りが速いRF励起のレーザであっても、図11に示すように、ピーコ値 W_P に達するまでの時間 T_R が約15 μs であるため、パルス巾15 μs 以下の範囲では、ピーコ値 W_P を得ることができない。

【0013】また、起動信号がオフ後の立ち下がり時間 T_D が30～50 μs であるため、実際のパルス巾が設定パルス幅 T_P よりも長くなる結果、供給するエネルギーが過剰になる。エネルギーを過剰に供給すると、穴の底面に樹脂の滓が残ったり、内壁の面粗さが粗くなったり、

あるいは内壁が炭化し、いずれの場合も穴品質が低下する。また、内層銅箔が損傷したり、銅箔の裏側の樹脂が剥離することもある。

【0014】さらに、加工に必要な1ヘッド当たりのピーク値を W_P としてN本の分割ビームを得るためにには、容量が大きいピーク値が W_P のN倍である NW_P のレーザ発振器にしなければならない。

【0015】しかも、ハーフミラーによりレーザビームを分割する場合、透過ビーム2 aと反射ビーム2 bは同時に発生し、時間的な差をもたせることができないから、スキャン領域10 aとスキャン領域10 bの加工個所が同数でなければならず、加工できるプリント基板の種類が限定される。また、ヘッドの数を奇数にすることは困難である。

【0016】本発明の目的は、上記従来技術における課題を解決し、レーザ発振器を有効に活用すると共に、加工エネルギーを正確に制御することにより品質の優れる穴を加工することができるレーザ加工方法およびレーザ加工機を提供するにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項1の発明は、レーザ光の光路を偏向可能な光路偏向手段をレーザ光の光路に配置し、前記光路偏向手段により加工部に入力するレーザエネルギーを制御することを特徴とする。

【0018】また、請求項2の発明は、請求項1において、レーザ光がパルス状であることを特徴とする。

【0019】また、請求項3の発明は、請求項1または請求項2において、加工部に入力するレーザ光の波形を略矩形波に形成することを特徴とする。

【0020】また、請求項4の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、レーザ発振器から発振された1個のパルス状のレーザ光を時分割し、時分割したパルス状のレーザ光を加工部に照射することを特徴とする。

【0021】また、請求項5の発明は、1個のレーザ発振器から出力されるレーザ光を複数の加工ヘッドに供給するようにしたレーザ加工機において、レーザ光の光路を偏向可能な光路偏向手段を前記加工ヘッドの数と同数設け、前記光路偏向手段を前記光路に配置し、パルス状のレーザ光を前記加工ヘッドのいずれか1個に供給するように構成したことを特徴とする。

【0022】また、請求項6の発明は、請求項5において、前記光路偏向手段が音響光学方式装置であることを特徴とする。

【0023】また、請求項7の発明は、請求項6において、前記光路偏向手段をレーザ光の光路に直列に配置することを特徴とする。

【0024】また、請求項8の発明は、請求項7において、前記光路偏向手段がポリゴンミラーであることを特

徵とする。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施の形態に基づいて説明する。

【0026】図1は本発明に係るレーザ加工機の構成図であり、図8と同じものまたは同一機能のものは同一符号を付して説明を省略する。電源・コントローラ20は、レーザ発振器1の制御および電力供給を行う。ビーム分配整形装置21a、21bは、パルスビーム2の光路に対し、所定の角度を持たせて配置されている。電源・コントローラ22a、22bは、ビーム分配整形装置21a、21bの制御および電力供給を行う。NC装置23は、電源・コントローラ20、22a、22b、ガルバノミラー5a～5dおよびテーブル9の図示を省略した駆動装置等を制御する。ビーム分配整形装置21a、21bからはレーザビーム23～25がそれぞれ出力される。26は集熱装置である。

【0027】図2はビーム分配整形装置21a、21bの構成図である。ビーム分配整形装置21a、21bは、トランスデューサ30a(30b)と、結晶媒体(例えはゲルマニウム)31a(31b)とで構成されている。後述するように、ビーム分配整形装置21a、21bの内部には、位相格子波面32a(32b)が形成される。

【0028】先ず、ビーム分配整形装置21a、21bの動作を説明する。なお、ビーム分配整形装置21a、21bは同じ構造であるから、ここでは添字a、bを省略して説明する。

【0029】トランスデューサ30に所定の超音波発生電圧を印加すると、結晶媒体31内には矢印Y方向に進行する音響弹性波が発生し、光弹性効果により結晶媒体31の内部には超音波と同じ間隔をもつ位相格子波面32が形成され、屈折率が変化する。そして、レーザ光が位相格子波面32に対してプラグ条件($\cos\theta = \lambda/2\Delta$ 、ただし、 λ はレーザ波長、 Δ は位相格子間隔)を満足する角度 θ で入射すると、出射角度が $-\theta$ の透過反射光J(1次回折光)が出射する。また、トランスデューサ30に超音波発生電圧を印加しない場合は結晶媒体31を直進した透過光P(出射角度が0の0次回折光)が出射する。

【0030】なお、結晶体31の屈折率により、入射光、透過光Pおよび透過反射光Jの光路は、結晶体31の内部でずれるが、このずれ量は小さく、また固定値であるため、図では省略してある。また、超音波発生電圧を印加してから位相格子波面32が形成されるまでの時間および超音波発生電圧の印加を停止してから位相格子波面32が消失するまでの時間は、それぞれ1μs以下である。

【0031】本実施の形態では、レーザ発振器1としてCO₂レーザ発振器を、結晶媒体31としてゲルマニウ

ムを、トランスデューサ30として表面弹性波結晶LiNbO₃をそれぞれ使用する。この場合、超音波周波数は40MHzであり、この時のθはレーザ波長が10.6μmの場合は2.2度、またレーザ波長が9.4μmの場合は1.95度である。そして、形成される位相格子波面32がレーザ発振器1の光軸に対してθになるよう、ビーム分配整形装置21a、21bを配置してある。

【0032】次に、本実施の形態の動作を、サイクル加工の場合について説明する。

【0033】図3はサイクル加工を行う場合の各部のタイミングチャートである。図で、(a)はレーザ発振器の起動信号を、(b)はレーザビーム2のエネルギーを、(c)はビーム分配整形装置21bの起動信号を、(d)はレーザビーム23のエネルギーを、(e)はガルバノミラー5a、5bの位置決め信号を、(f)はビーム分配整形装置21aの起動信号を、(g)はレーザビーム24のエネルギーを、(h)はガルバノミラー5c、5dの位置決め信号を、(j)はレーザビーム25のエネルギーをそれぞれ示している。

【0034】NC装置7は、期間T_{P1}(時刻t0から時刻t2までおよび時刻t6から時刻t8まで)および期間T_{P2}(時刻t3から時刻t5までおよび時刻t9から時刻t11まで)にレーザ発振器1をオンする。レーザビーム2のエネルギーは、期間T_{P1}および期間T_{P2}が開始されてから遅れ期間T_{D1}経過後徐々に増加し、期間T_Rが経過するとピーク値W_Pになる。そして、期間T_{P1}および期間T_{P2}が終了してから徐々に減衰し、期間T_D経過後0になる。

【0035】ビーム分配整形装置21aは、レーザビーム2のエネルギーがほぼピーク値W_Pになる時刻t1および時刻t7からレーザ発振器1がオフされる時刻t2および時刻t8の間オンされる。レーザビーム23はビーム分配整形装置21aがオンされている間出力される。ガルバノミラー5a、5bはビーム分配整形装置21aがオンされている期間を除いて動作する。

【0036】ビーム分配整形装置21bはレーザビーム2のエネルギーがほぼピーク値W_Pになる時刻t4および時刻t10からレーザ発振器1がオフされる時刻t5および時刻t11の間オンされる。レーザビーム24はビーム分配整形装置21bがオンされている間出力される。ガルバノミラー5c、5dはビーム分配整形装置21bがオンされている期間を除いて動作する。

【0037】次に、図1および図1の部分平面図である図4により、レーザビーム2の経路を説明する。

【0038】(1) 時刻t0から時刻t1まで：レーザビーム2はビーム分配整形装置21a、21bの両者を透過し、レーザビーム25が集熱装置26に入射して熱に換えられる。

【0039】(2) 時刻t1から時刻t2までの(期間

T_{W_1}) : 図4(a)に示すように、レーザビーム2は、ビーム分配整形装置21bで光路が偏向し、レーザビーム23がガルバノミラー5aに入射し、ガルバノミラー5a、5bで定まる光路を通り、集光レンズ6aで集光され、スキャン領域10a内に穴を加工する。

【0040】(3) 時刻 t_2 から時刻 t_4 まで: レーザビーム2はビーム分配整形装置21a、21bの両者を透過し、レーザビーム25として集熱装置26に入射し、他の個所に散乱することなく、熱に換えられて消費される。

【0041】(4) 時刻 t_4 から時刻 t_5 まで(期間 T_{W_2}): 図4(b)に示すように、レーザビーム2はビーム分配整形装置21aで光路が偏向し、レーザビーム24がガルバノミラー5cに入射し、ガルバノミラー5c、5dで定まる光路を通り、集光レンズ6bで集光され、スキャン領域10b内に穴を加工する。

【0042】上記したように、スキャン領域10a、10b内の加工においては、ガルバノミラー5a～5dの位置決めに要する時間(期間 T_G)が最も長いから、期間 T_{W_1} と次の期間 T_{W_1} との間隔および期間 T_{W_2} と次の期間 T_{W_2} との間隔を、それぞれ期間 T_G になると加工時間を短くできる。

【0043】以下、加工プログラムに基づいて、レーザビーム23およびレーザビーム24を交互あるいはランダムに発生させて、スキャン領域10a、10b内の加工を行う。スキャン領域10a、10b内の加工が終了したら、テーブル9を移動させ、次のスキャン領域11a、11b内の加工を行う。

【0044】本実施の形態では、レーザビーム2のエネルギーがほぼピークに達した期間で加工を行うから、穴の品質が均一になる。

【0045】また、立上り期間 T_R および立ち下がり期間 T_D の影響を受けないから加工エネルギー量の制御を正確に行うことができ、穴の品質が均一になる。

【0046】さらに、音響光学方式のビーム分配整形装置では、起動、停止速度が $1\mu s$ 以下であるから、従来不可能であったパルス幅 T_{W_1} (あるいは T_{W_2})が $1\sim15\mu s$ の加工を行うことができる。

【0047】また、一方のヘッドで加工している間に他方のガルバノミラーの位置決めを行うことにより、1個のビームパルスを1個のヘッドに供給でき、従来ガルバノミラーを動作させることができなかった立上り期間 T_R および立ち下がり期間 T_D もガルバノミラーを動作させることができる。したがって、レーザ発振器の待ち時間を少なくでき、レーザ発振器の稼働率を向上させることができる。しかも、レーザ発振器の容量は、従来と同じでよい。

【0048】さらに、それぞれのパルス期間を変えることができるから、スキャン領域10aとスキャン領域10b内の加工する穴の径が異なる場合、あるいは加工す

る穴の数が異なる場合も加工ができる。

【0049】また、ヘッドの数だけビーム分配整形装置を準備すれば良く、ヘッドの数を任意の数にすることができます。

【0050】【加工例】以下本発明を適用して多ヘッド化した場合の具体的な穴明け速度について説明する。

【0051】同一形状の穴を1ヘッドで加工する場合

(すなわち、 $T_P = T_{P1} = T_{P2}$ 、 $T_W = T_{W1} = T_{W2}$)、加工する穴の数をA、1穴当たりに必要なパルス数をnとすると、バースト加工の加工時間 T_B は、

$$T_B = A (T_G + (n-1) T_P + T_W)$$

であり、またサイクル加工の加工時間 T_C は、

$$T_C = A n (T_G + T_W)$$

である。そして、ヘッド数がM、テーブル位置決め時間が T_{XY} 、テーブルの移動回数がB回の場合、バースト加工の加工時間 T_{BM} は、

$$T_{BM} = (T_B + B T_{XY}) / M$$

であり、サイクル加工の加工時間 T_{CM} は、

$$T_{CM} = (T_C + B T_{XY}) / M$$

である。

【0052】次に、 $T_W = 0.01ms$ 、 $n = 3$ パルス/穴で、大きさが $50.0mm \times 35.0mm$ のプリント基板に穴数Aを加工する場合の加工時間の計算例を説明する。なお、ガルバノスキャン領域は $50.0mm \times 50.0mm$ (テーブルの移動回数は70回)、また、ガルバノミラー位置決め時間 T_G は $2ms$ 、テーブル位置決め時間 T_{XY} は $200ms$ 、レーザ発振器の最大パルス周波数は $3KHz$ (最小パルス周期 $0.33ms$)であるとする。

【0053】(1) ダイレクト法でバースト加工をする場合(図5参照) :

(b1) ヘッド数Mが2であり、それぞれの加工周期を $1ms$ とする場合、図5(a)に示すように、ヘッド1の2パルス目と3パルス目の間にヘッド2の1パルス目を配置すると、それぞれのヘッドは加工パルス周期 $T_P = 1.0ms$ (周波数 $1KHz$)で加工できる。なお、ヘッド1の2パルス目と3パルス目の期間におけるレーザパルスの周期は $0.5ms$ である。

【0054】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{MB} = T_{2B} = 27.1$ 秒(穴明け速度 369 穴/秒、 $22,140$ 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{2B} = 47.1$ 秒(穴明け速度 424 穴/秒、 $25,440$ 穴/分)で加工が終了する。

【0055】(b2) ヘッド数Mが2であり、それぞれの加工パルス周期を $0.5ms$ とする場合、図5(b)に示すように、一方のヘッドが加工している期間中に他方のヘッドを位置決めすることにより、加工パルス周期 $T_P = 0.5ms$ (周波数 $2KHz$)で加工することができる。

【0056】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 T

$T_{2B} = 22.1$ 秒 (453 穴/秒, $27,180$ 穴/分)、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{2B} = 37.1$ 秒 (539 穴/秒, $32,340$ 穴/分)で加工できる。

【0057】(b3) ヘッド数Mが2であり、それぞれの加工パルス周期を 0.33 msとする場合、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{2B} = 20.4$ 秒 (490 穴/秒, $27,400$ 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{2B} = 33.8$ 秒 (592 穴/秒, $35,520$ 穴/分)で加工が終了する。

【0058】なお、図5(c)に示すように、加工パルス周期を 0.33 msとする場合、ヘッド数Mを3とし、ガルバノ周期を 2.33 msにしていずれかのヘッドが加工している期間中に他の2個のヘッドを位置決めすることにより、加工パルス周期 $T_P = 0.33$ ms(周波数 3 KHz)の加工が可能になる。

【0059】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{3B} = 14.7$ 秒 (680 穴/秒, 40800 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{3B} = 24.7$ 秒 (809 穴/秒, $48,540$ 穴/分)で加工が終了する。

【0060】コンフォーマルマスク法でサイクル加工をする場合(図6参照)：

(c1) ヘッド数Mが2である場合、図6(a)に示すように、レーザパルスの周期を 1 msにすることにより、ヘッド1とヘッド2で交互に加工することができる。

【0061】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{2C} = 37.2$ 秒 (269 穴/秒, 16140 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{2C} = 67.3$ 秒 (297 穴/秒, $17,820$ 穴/分)である。

【0062】(c2) ヘッド数Mが3である場合、図6(b)に示すように、レーザパルスの周期を 0.67 msにすることにより、それぞれのヘッドを交互に加工することができる。

【0063】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{3B} = 24.8$ 秒 (403 穴/秒, $24,180$ 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{3B} = 44.9$ 秒 (445 穴/秒, $26,700$ 穴/分)であり、最大穴明け速度は $27,550$ 穴である。

【0064】(c3) 4ヘッドの場合、図6(c)に示すように、レーザパルスの周期を 0.5 msにすることにより、ヘッド1~4を交互に加工することができる。

【0065】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{4B} = 18.6$ 秒 (538 穴/秒, $32,280$ 穴/分)、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{4B} = 33.7$ 秒 (594 穴/秒, $35,640$ 穴/分)である。

【0066】(c4) 6ヘッドの場合、図7に示すように、レーザパルスの周期を 0.33 ms(周波数 3.0 KHz)にすることにより、それぞれのヘッドを交互に

加工することができる。

【0067】従って、 $A = 10,000$ の場合は、 $T_{6B} = 12.4$ 秒 (808 穴/秒, $48,420$ 穴/分)、また、 $A = 20,000$ の場合は、 $T_{6B} = 22.4$ 秒 (891 穴/秒, $53,460$ 穴/分)である。

【0068】ところで、上記図3では、期間 T_{W1} あるいは期間 T_{W2} のレーザエネルギーを総て加工部に供給する場合について説明したが、期間 T_{W1} あるいは期間 T_{W2} を時分割し、レーザエネルギーの一部を加工部に供給するするようにしてもよい。

【0069】図8は、本発明に係る他の実施の形態のバースト加工における各部のタイミングチャートである。なお、レーザ加工機の構成は上記図1と同じである。図で、(a)はレーザ発振器の起動信号を、(b)はビーム分配整形装置21bの起動信号を、(c)はガルバノミラー5a、5bの位置決め信号を、(d)はビーム分配整形装置21aの起動信号を、(e)はガルバノミラー5c、5dの位置決め信号を、(f)はレーザビーム2のエネルギーをそれぞれ示している。

【0070】NC装置7は、期間 T_{P1} (時刻 t_0 から時刻 t_2 まで)、期間 T_{P2} (時刻 t_3 から時刻 t_5 まで)および期間 T_{P3} (時刻 t_6 から時刻 t_8 まで)にレーザ発振器1をオンする。レーザビーム2のエネルギーは、期間 T_{P1} 、期間 T_{P2} および期間 T_{P3} が開始されてから遅れ期間 T_{DL} 経過後徐々に増加し、期間 T_R が経過するとピーク値 W_P になる。そして、期間 T_{P1} 、期間 T_{P2} および期間 T_{P3} が終了してから徐々に減衰し、期間 T_D 経過後(ここでは、時刻 t_3 、 t_6 の直前および期間 T_G 中に)0になる。

【0071】ビーム分配整形装置21aは、レーザビーム2のエネルギーがほぼピーク値 W_P になる時刻 t_1 、 t_4 、および時刻 t_7 から期間 T_{W11} (例えば 0.02 ms)だけオンされる。また、ビーム分配整形装置21bは、期間 T_{W11} が経過後、さらに期間 T_{dw} が経過した時から期間 T_{W21} (例えば 0.02 ms)だけオンされる。ここでは、期間 T_{W21} の終了時が時刻 t_2 、 t_4 、 t_8 と一致するようになっている。そして、時刻 t_8 からの期間 T_G にガルバノミラー5a、5b、5c、5dを次の加工位置に位置決めした後、上記の動作を繰り返す。この実施の形態では、ガルバノミラーラー5a、5b、5c、5dの位置決めを同時に実行するから、ガルバノミラーの位置決め制御が容易になる。また、レーザ発振器1の出力周波数を一定にした状態で加工部に供給するレーザパルスの周波数を高くできる。

【0072】図9は、本発明に係る他の実施の形態のサイクル加工における各部のタイミングチャートである。なお、レーザ加工機の構成は上記図1と同じである。図で、(a)はレーザ発振器の起動信号を、(b)はビーム分配整形装置21bの起動信号を、(c)はガルバノ

ミラー5a、5bの位置決め信号を、(d)はビーム分配整形装置21aの起動信号を、(e)はガルバノミラー5c、5dの位置決め信号を、(f)はレーザビーム2のエネルギーをそれぞれ示している。

【0073】NC装置7は、期間 T_{P1} （時刻 t_0 から時刻 t_2 まで）にレーザ発振器1をオンする。レーザビーム2のエネルギーは、期間 T_{P1} が開始されてから遅れ期間 T_{DL} 経過後徐々に増加し、期間 T_R が経過するとピーク値 W_P になる。そして、期間 T_{P1} が終了してから徐々に減衰し、期間 T_G 中の期間 T_D 経過後0になる。

【0074】ビーム分配整形装置21aは、レーザビーム2のエネルギーがほぼピーク値 W_P になる時刻 t_1 から期間 T_{W11} （例えば0.02ms）だけオンされる。また、ビーム分配整形装置21bは、期間 T_{W11} が経過後、さらに期間 T_{DW} が経過した時から期間 T_{W21} （例えば0.02ms）だけオンされる。ここでは、期間 T_{W21} の終了時が時刻 t_2 と一致するようになっている。そして、時刻 t_2 からの期間 T_G にガルバノミラー5a、5b、5c、5dを次の加工位置に位置決めした後、上記の動作を繰り返す。この実施の形態の場合も、ガルバノミラー5a、5b、5c、5dの位置決めを同時にを行うから、ガルバノミラーの位置決め制御が容易になる。

【0075】なお、例えば期間 T_{P1} における時刻 t_1 から時刻 t_2 の間にレーザビーム23とレーザビーム24の両者を出力させる場合、レーザビーム23のエネルギーは、分配整形装置21bにおけるエネルギーによりレーザビーム24のエネルギーよりも僅かではあるが小さくなる。そこで、ヘッド7aとヘッド7bで加工内容が同じ穴を加工する場合は、期間 T_{W21} を期間 T_{W11} よりも長くし、加工部に供給するエネルギーの総量が同じになるようにしてもよい。また、トランデューサ30a、30bの出力電圧を制御することにより、レーザビーム23、24のエネルギーの大きさを変てもよい。

【0076】そして、この他の実施の形態においても、レーザビーム2のエネルギーがほぼピークに達した期間で加工を行うから、穴の品質が均一になる。

【0077】また、立上り期間 T_R および立ち下がり期間 T_D の影響を受けないから加工エネルギー量の制御を正確に行うことができ、穴の品質が均一になる。

【0078】さらに、音響光学方式のビーム分配整形装置では、起動、停止速度が1μs以下であるから、従来不可能であったパルス幅 T_{W1} （あるいは T_{W2} ）が1～15μsの加工を行うことができる。

【0079】また、時分割する場合にも、それぞれのパルス期間を任意に設定できるから、スキャン領域10aとスキャン領域10b内の加工する穴の径が異なる場合、あるいは加工する穴の数が異なる場合も加工ができる。

【0080】また、ヘッドの数だけビーム分配整形装置を準備すれば良く、ヘッドの数を任意の数にすることができます。

【0081】また、上記いずれの場合も、ビーム分配整形装置の入射角と透過反射角と同じにしたが、ヘッドの数と同数の複数のトランスデューサを互いに位相をずらして配置したデフレクターを使用し、超音波印加レベルを切り換えることにより、超音波面を回転方向にシフトさせ、入射角一定でN本の出射角 θ_N （ $\theta_N = \lambda \Delta F / V$ 、 ΔF ：超音波周波数、V：超音波伝播速度）の透過反射光を出射させるようにしてもよい。

【0082】また、ビーム分配整形装置によりレーザパルスを整形し、ポリゴンミラーにより光路を偏向させるようにしてもよい。

【0083】さらに、上記ではCO₂レーザ加工を例に説明したが、光学系の材質と、音響光学装置をレーザの波長に応じたものを使用すれば、他の波長のレーザにも適用することができる。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レーザ光の光路を偏向可能な光路偏向手段をレーザ光の光路に配置し、前記光路偏向手段により加工部に入力するレーザエネルギーを制御し、レーザビームのエネルギーがほぼピークに達した期間で加工をするから、立上り期間 T_R および立ち下がり期間 T_D の影響を受けることがなく、また、加工エネルギー量の制御を正確に行うことができる。この結果、品質の優れる穴を加工することができる。

【0085】さらに、一方のヘッドで加工している間に他方のガルバノミラーの位置決めを行うことにより、1個のビームパルスを1個のヘッドに供給でき、従来ガルバノミラーを動作させることができなかった立上り期間 T_R および立ち下がり期間 T_D もガルバノミラーを動作させることができるから、レーザ発振器の待ち時間を少なくでき、レーザ発振器の稼働率を向上させることができる。

【0086】また、それぞれのパルス期間を変えたり、パルス期間をさらに時分割することにより、ヘッド毎のスキャン領域内の加工する穴の径が異なる場合、あるいは加工する穴の数が異なる場合も加工が容易である。また、ヘッドの数も任意の数にすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザ加工機の構成図である。

【図2】ビーム分配整形装置の構成図である。

【図3】本発明に係るサイクル加工を行う場合の各部のタイミングチャートである。

【図4】図1の部分平面図である。

【図5】本発明に係るダイレクト法でバースト加工をする場合の加工例である。

【図6】本発明に係るコンフォーマルマスク法でサイク

ル加工をする場合の加工例である。

【図7】本発明に係るコンフォーマルマスク法でサイクル加工をする場合の加工例である。

【図8】本発明に係るバースト加工における各部のタイミングチャートである。

【図9】本発明に係るサイクル加工における各部のタイミングチャートである。

【図10】従来のレーザ加工機の構成図である。

【図11】従来のサイクル加工における各部のタイミングチャートである。

【符号の説明】

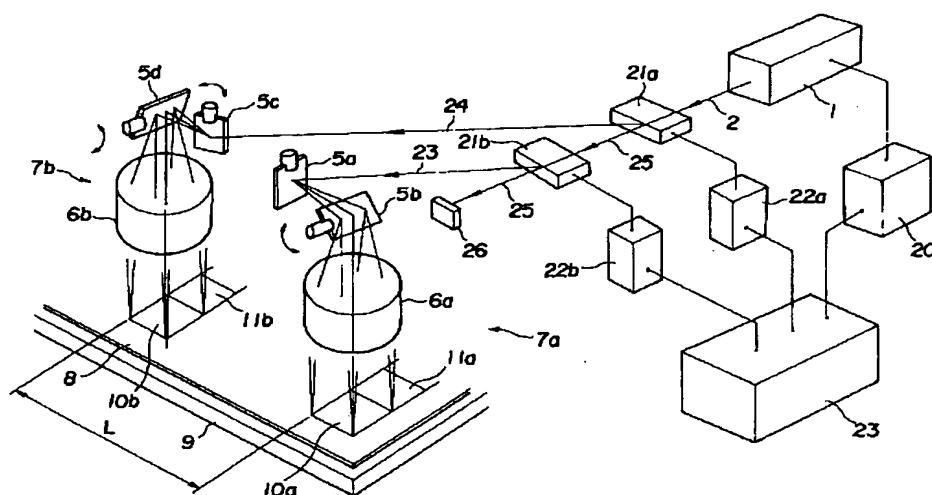
1 レーザ発振器

2 レーザビーム

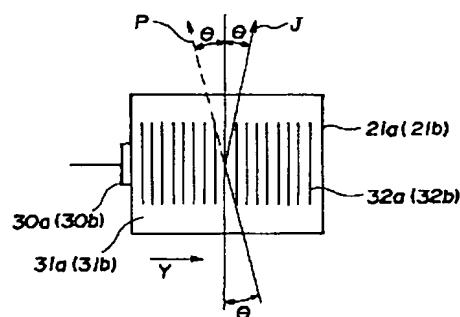
7a、7b ヘッド

21a、21b ビーム分配整形装置

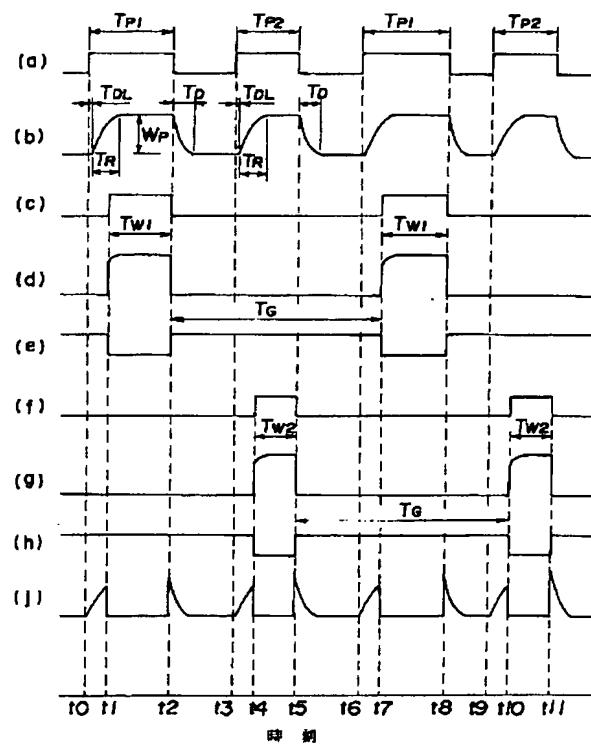
【図1】



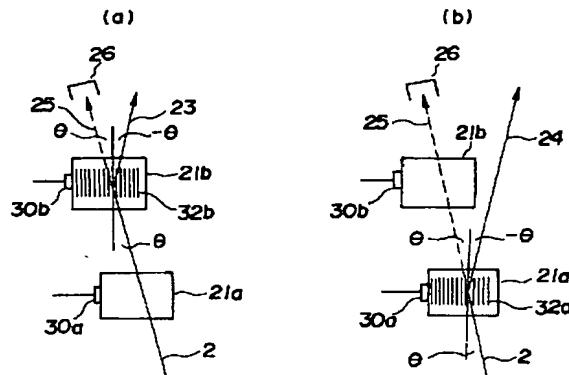
【図2】



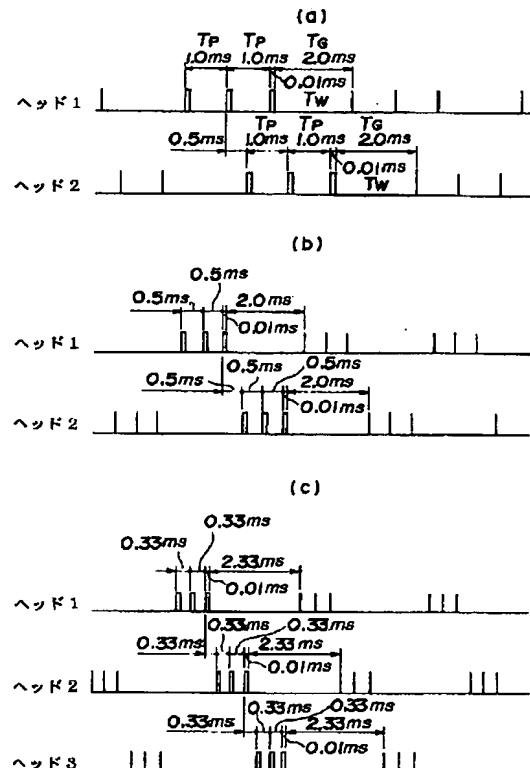
【図3】



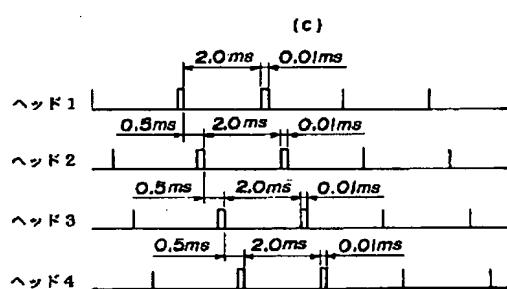
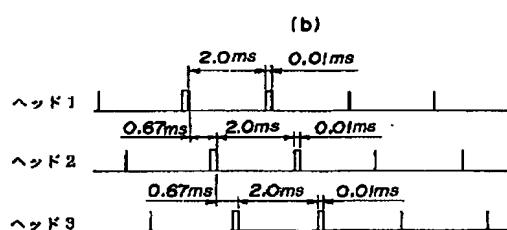
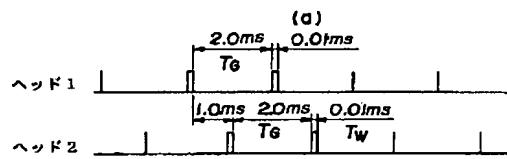
【図4】



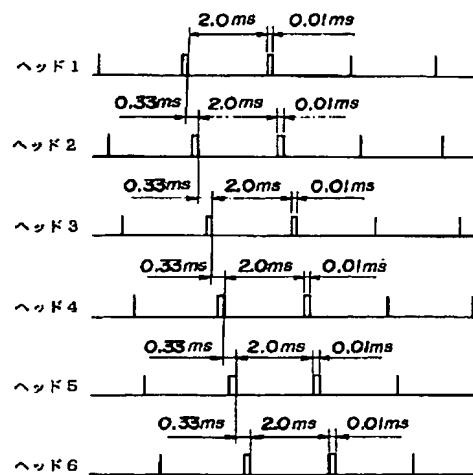
【図5】



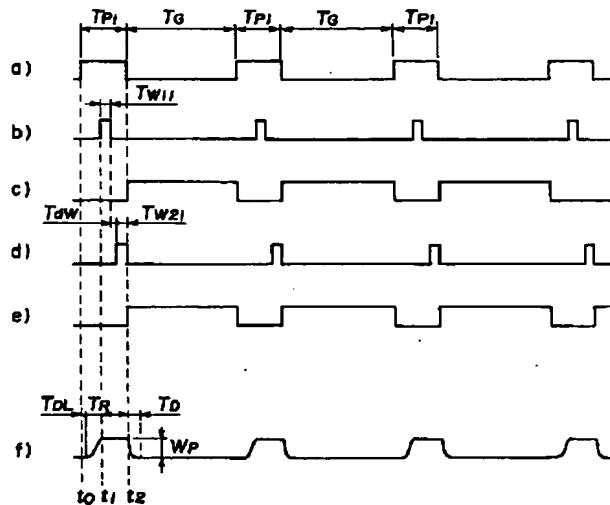
【図6】



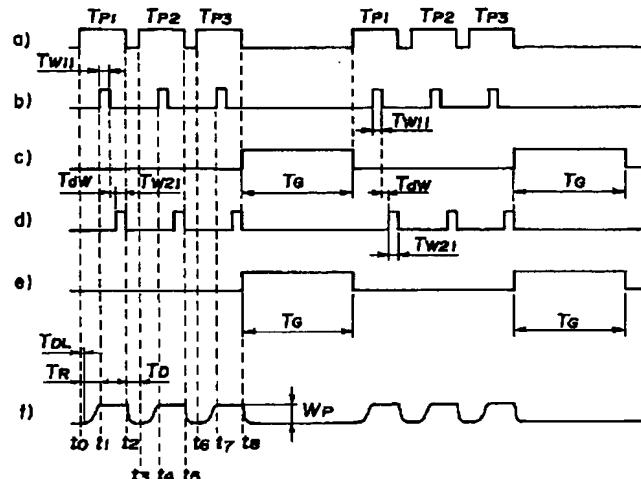
【図7】



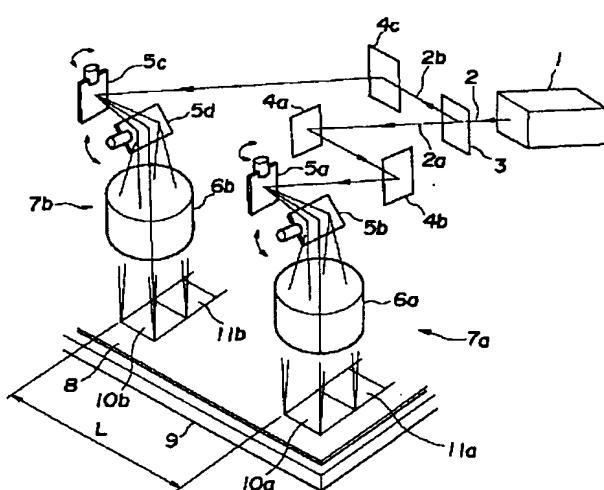
【図8】



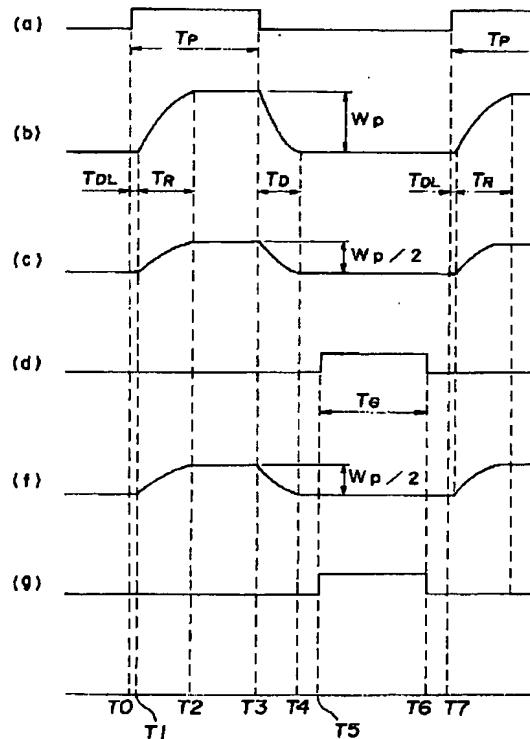
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き